

2

CLIPPEDIMAGE= JP402256254A

PAT-NO: JP402256254A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 02256254 A

TITLE: TEMPERATURE MEASURING METHOD FOR
SEMICONDUCTOR WAFER AND SEMICONDUCTOR
MANUFACTURING APPARATUS

PUBN-DATE: October 17, 1990

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

ARIMA, JIRO

TSUJIMURA, YUJI

NARITA, NORIYOSHI

TAKEBUCHI, HIROKI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

MINOLTA CAMERA CO LTD

N/A

TOKYO ELECTRON LTD

N/A

APPL-NO: JP01181874

APPL-DATE: July 14, 1989

INT-CL (IPC): H01L021/66;G01J005/00

US-CL-CURRENT: 374/130

ABSTRACT:

PURPOSE: To measure the accurate temperature of a semiconductor wafer by selectively measuring the intensities of a plurality of infrared rays whose wavelengths are less than $1\mu\text{m}$ and different among the reflected light rays of projected infrared rays and the infrared rays that are emitted from the semiconductor wafer.

CONSTITUTION: Infrared rays are projected on a semiconductor wafer 26 under processing intermittently. The reflected light rays and infrared rays emitted from the substrate 26 are sent into a light receiving part 64 of a main body 52 of a temperature measuring device 52. The intensities of a plurality of infrared rays whose wavelengths are less than $1\mu\text{m}$ and different are selectively measured. Noises are removed, and A/D conversion is performed in a filter and A/D conversion part 96. The result is inputted into an operation display part 98. The temperature is computed in the operation display part 98. Thus the accurate temperature of the semiconductor wafer 26 can be detected.

COPYRIGHT: (C)1990,JPO&Japio

⑫ 公開特許公報(A)

平2-256254

⑬ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)10月17日

H 01 L 21/66
G 01 J 5/00T 7376-5F
D 8909-2G

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全7頁)

⑮ 発明の名称 半導体ウェハの温度測定方法および半導体製造装置

⑯ 特 願 平1-181874

⑰ 出 願 平1(1989)7月14日

優先権主張 ⑱ 昭63(1988)7月15日 ⑲ 日本(JP) ⑳ 特願 昭63-176343

㉑ 発 明 者 有 馬 二 朗 大阪府大阪市中央区安土町2丁目3番13号 ミノルタカメラ株式会社内

㉒ 発 明 者 辻 村 裕 次 大阪府大阪市中央区安土町2丁目3番13号 ミノルタカメラ株式会社内

㉓ 出 願 人 ミノルタカメラ株式会社 大阪府大阪市中央区安土町2丁目3番13号 大阪国際ビル

㉔ 出 願 人 東京エレクトロン株式会社 東京都新宿区西新宿1丁目26番2号

㉕ 代 理 人 弁理士 須山 佐一 外1名
最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

半導体ウェハの温度測定方法および
半導体製造装置

2. 特許請求の範囲

(1) 処理中の半導体ウェハに断続的に赤外線を照射し、照射された赤外線の反射光および該半導体ウェハから放射される赤外線のうち波長が1 μ m以下であって波長の異なる複数種の赤外線の強度を選択的に測定し、この測定結果から前記半導体ウェハの温度を算出することを特徴とする半導体ウェハの温度測定方法。

(2) 半導体ウェハに断続的に赤外線を照射する手段と、この手段によって照射された赤外線の反射光および該半導体ウェハから放射される赤外線のうち波長が1 μ m以下であって波長の異なる複数種の赤外線の強度を選択的に測定する手段と、この手段の測定結果から前記半導体ウェハの温度を算出する手段とからなる温度測定装置の測定結果により、前記半導体ウェハの加熱を制御するこ

とを特徴とする半導体製造装置。

3. 発明の詳細な説明

[発明の目的]

(産業上の利用分野)

本発明は、半導体ウェハの温度測定方法および半導体製造装置に関する。

(従来の技術)

半導体ウェハ基板を加熱処理して半導体デバイスを製造する装置においては、処理温度によって基板の処理状態が大きく変化するため、所定の特性のデバイスを得る上で温度の制御は重要な要素となる。特に、基板の主要面側表面(薄膜等が形成される側の表面を意味し、以下主表面とする。また、主表面と逆側の表面を従表面とする。)は半導体デバイスの要部となるため、温度制御のための情報となる基板主表面の正確な温度測定は製造工程に欠かせないものとなる。

半導体デバイス製造装置における被処理基板の温度測定方法の先行技術の一型式として、基板が設置されるプラテンに熱電対からなる接触型の温

度計を配置したものが提案されている。

(発明が解決しようとする課題)

しかしながら、熱電対はプラテンの温度を測定するが、被処理基板、特に基板の表側に存在する主表面とプラテンとの間には大きな温度差があるため、正確な基板主表面の温度を知ることができない。逆に熱電対を基板主表面側に延在するように配置するとしたら、熱電対は被膜形成の物理的な障害物になるという問題が生じる。さらに熱電対には温度変化に対する対応が遅いという問題もある。

非接触型温度測定方法も提案されており、これは基板から放射される、例えば5 μm 程度の赤外線を利用して温度を検出する放射温度計を用いた構造である。

この従来技術の問題点は、測定に先立ち、基板の放射率を設定する必要があるが、放射率が未知の基板や、例えば薄膜形成等による表面状態の変化に伴って放射率が変化する場合は、正確な温度を測定することができないということである。

手段によって照射された赤外線の反射光および該半導体ウエハから放射される赤外線のうち波長が1 μm 以下であって波長の異なる複数種の赤外線の強度を選択的に測定する手段と、この手段の測定結果から前記半導体ウエハの温度を算出する手段とからなる温度測定装置の測定結果により、前記半導体ウエハの加熱を制御することを特徴とする。

(作用)

上記構成の本発明の半導体ウエハの温度測定方法および半導体製造装置では、放射率が未知の場合や放射率が変化する場合でも、従来に較べて半導体ウエハの正確な温度を測定することができ、所望の処理を確実に行うことができる。

また、上記測定光を基板表面の特定領域全体に亘って走査させると、所望部分全体における表面温度分布を知ることが可能となる。上記ウエハ基板の主表面と従表面との加熱条件が実質的に同じであることを条件として、従表面の温度を測定して上記加熱手段を制御するための温度情報とする

また、温度計が測定する赤外線は、基板表面即ち被膜からよりも基板のバルクからのもののほうが優勢となり、純粋な表面温度を検知できないという問題もある。

本発明は、かかる従来の事情に対処してなされたもので、従来に較べて半導体ウエハの正確な温度を測定することができ、所望の処理を確実に行うことのできる半導体ウエハの温度測定方法および半導体製造装置を提供しようとするものである。

[発明の構成]

(課題を解決するための手段)

即ち第1の発明は、処理中の半導体ウエハに断続的に赤外線を照射し、照射された赤外線の反射光および該半導体ウエハから放射される赤外線のうち波長が1 μm 以下であって波長の異なる複数種の赤外線の強度を選択的に測定し、この測定結果から前記半導体ウエハの温度を算出することとを特徴とする。

また、第2の発明の半導体製造装置は、半導体ウエハに断続的に赤外線を照射する手段と、この

ことができる。

なお、赤外線の波長1 μm 以下とするのは、従来のように5 μm 等の長波長の赤外線では、シリコン製の半導体ウエハを透過するからである。

(実施例)

以下、本発明の半導体ウエハの温度測定方法および半導体製造装置をランプアニール装置に適用した実施例を図面を参照して説明する。

第1図図示の如く、本発明に係るランプアニール装置は、気密空間を形成するためのチャンバ12を含み、該チャンバには熱処理時に必要な雰囲気調整を適宜行い得るように、減圧用配管、ガス供給管等(図示せず)が接続される。チャンバ12は、横断面がほぼ円形の筒状体14と、この筒状体の下側開口を気密に閉鎖する円板状の蓋体16とからなる。

筒状体14には、上面に石英からなる照射窓18が配設され、また、筒状体14の内面は鏡面状に形成される。蓋体16上部には、筒状体14の下側開口部の形状と補完形状をなすプラテ

ン22が配設され、この上面も鏡面状に形成される。プラテン22上には、複数例えば3本のピン24が配設され、これらのピンの上にウエハ基板26が主表面を上にして支持される。従って、基板26が支持された状態において、プラテン22と基板26の裏面との間に十分な空間が形成される。チャンバの照射窓18の上方には、反射鏡32を備えた赤外線ランプ28が配置され、窓18を介してチャンバ12内に赤外線が照射される。チャンバ12内に照射された赤外線は、筒状体14の内面およびプラテン22の上面で反射されてピン上のウエハ26を全方位から加熱する。

また蓋体16は、シリンダ等からなる駆動機構34に接続されて上下動可能とされている。即ち、蓋体16が駆動機構34により最上位置に置かれると、蓋体16により筒状体14の下側開口が閉塞され、チャンバ12内に気密空間が形成される。また、蓋体16が駆動機構34により最下位置に置かれると、チャンバ12が開放されてピン24上に基板26がロードおよびアンロード可能とな

る。

蓋体16およびプラテン22のほぼ中央部を貫通して直径数センチ程度の検査孔36が形成され、該孔は石英等から検査窓38によりシールされる。検査窓38の下方には、検査孔36を通してピン上のウエハ基板26の裏面に参照光、例えば赤外線照射する光学ヘッド42が配置される。光学ヘッド42は、その放射光および反射光を検知可能で、2本の光ファイバ44、46により温度測定装置本体52に接続されている。後述の態様で算出される温度測定装置本体による測定結果は調整系54に入力され、この調整系によって加熱用赤外線ランプ28に電力を供給する電源56が制御される。

上述の如くこの構造においては、ウエハ基板26に対して赤外線が全方位から照射されることから、基板の表側表面即ち主表面と裏側表面即ち従表面との温度は実質的に同一のものと仮定できる。またこのように、ウエハ基板26の主表面側に赤外線ランプ28が配置される場合は、構造上むしろ

基板従表面を温度制御のための測定対象とすることが望ましくなる。従って、この実施例装置にあっては、従表面からの測定温度に基づいて加熱用赤外線ランプ28の強度の制御を行うものとしている。

第2図に示すように、温度測定装置本体52は、光源部62、受光部64、信号処理部66からなる。そして、光源部62は、ハロゲンランプ等からなる光源68の参照光を、モータ72によって回転される、スリットを有する円板74によってチョッピングし、光ファイバ44、46を介して光学ヘッド42に送出するとともに、波長1 μ m以下の所定波長の赤外線を選択的に透過する複数のフィルタ、例えばそれぞれ0.8 μ m、0.9 μ m、1.0 μ mの赤外線を選択的に透過する3個のフィルタ76a、76b、76cおよび光センサ78a、78b、78cによって光源の光をモニタする。

上記光学ヘッド42に送出され光は、反射鏡80、82およびレンズ84を介して被測定物即ち

ウエハ基板26に照射され、その反射光および基板26から放射される赤外線は、上記レンズ84および光ファイバ46を介して温度測定装置本体52の受光部64に送られる。この受光部64に送られた光は、前述のフィルタ76a、76b、76cと同じ波長の赤外線即ちそれぞれ0.8 μ m、0.9 μ m、1.0 μ mの赤外線を選択的に透過するフィルタ86a、86b、86cによってそれぞれの波長成分に分離され、それぞれ光センサ88a、88b、88cによって測定される。なお、ここで赤外線の波長1 μ m以下とするのは、従来のように5 μ m等の長波長の赤外線では、シリコン製のウエハ基板を透過してしまうからである。

上記光センサ88a、88b、88cの測定信号は、信号処理部66の反射信号/放射信号分離増幅器92に入力される。また、前述の光センサ78a、78b、78cによって測定される光源68の光測定信号は、信号処理部66の光源補正器94に入力される。そして、光センサ88a、88b、88cの測定信号から光源部62にお

るチョッピングの周期に同期した信号変化として反射信号および放射信号が分離され、増幅される。なお、反射信号は、光源補正器94からの信号によって光源68の変動分が補正される。

そして、反射信号/放射信号分離増幅器92の出力は、フィルタ・A/D変換部96において雑音除去およびA/D変換された後、演算表示部98に入力される。

この後、演算表示部98では、次のようにして温度を算出する。

即ち、 λ_i ($i=1, 2, 3$) を波長、 $P(\lambda_i)$ を光源からの射出光束に対応して出力される直流電圧、 $D(\lambda_i)$ を放射光束に対応して出力される直流電圧、 $R(\lambda_i)$ を反射光束に対応して出力される交流電圧とし、放射率を $\epsilon(\lambda_i)$ 、反射率を $\rho(\lambda_i)$ とした場合、測定対象物に透過がない時には、

$$\epsilon(\lambda_i) + \rho(\lambda_i) = 1 \quad (i=1, 2, 3) \quad \dots ①$$

となる。また、反射率 $\rho(\lambda_i)$ を求めるために

$$1/\beta(\lambda_i) = a_0 \quad \dots ⑤$$

と近似することができる。従って、

$$\epsilon(\lambda_i) = 1 - a_0 \cdot L(\lambda_i) \quad \dots ⑥$$

となる。

また、温度 T の黒体 ($\epsilon=1$) を測定した時の出力電圧 $D_0(\lambda_i, T)$ とすると、

$$\epsilon(\lambda_i) \cdot D_0(\lambda_i, T) = D(\lambda_i) \quad \dots ⑦$$

となる。ここで、 $D_0(\lambda_i, T)$ は、プランクの熱放射則、センサーの分光感度、校正測定などからあらかじめ準備できる。そこで、最小二乗法を導入して温度を求める。まず、推定放射光束 $\epsilon(\lambda_i) \cdot D_0(\lambda_i, T)$ と、測定放射光束 $D(\lambda_i)$ の誤差を評価する関数として、

$$h(T) = \{ \sum [(\epsilon(\lambda_i) \cdot D_0(\lambda_i, T) - D(\lambda_i))^2 / 3] \} \quad \dots ⑧$$

$$h(T) = \{ \sum [((1 - a_0 \cdot L(\lambda_i)) \cdot D_0(\lambda_i, T) - D(\lambda_i))^2 / 3] \} \quad \dots ⑧$$

は、入射光と全空間への反射光を全て測定しなければならないが、測定にかかわる部分反射率 $L(\lambda_i)$ を、

$$L(\lambda_i) = R(\lambda_i) / P(\lambda_i) \quad \dots ②$$

と定義すると、

$$L(\lambda_i) = \beta(\lambda_i) \cdot \rho(\lambda_i) \quad \dots ③$$

と表せる。ここで、 $\beta(\lambda_i)$ は反射光の角度分布に関わるもので、全空間への全反射光束に対する測定立体角内の反射光束の比を表すものである。

①式と③式より、放射率は、

$$\epsilon(\lambda_i) = 1 - [1/\beta(\lambda_i)] L(\lambda_i)$$

となる。

ここで、 $1/\beta(\lambda_i)$ を波長の多項式の形で近似すると、

$$1/\beta(\lambda_i) = a_0 + a_1 \lambda_i^1 + \dots + a_n \lambda_i^n \quad \dots ④$$

となるが、 $\beta(\lambda_i)$ の波長による変化は、 $\rho(\lambda_i)$ の変化に比べて小さく、さらに波長が近接している場合は、ほとんど波長に依存しないので、

となり、この④式の $h(T)$ を最小とする温度 T を探索することにより、ウエハ基板26の温度を求める。

上記ランプアニール装置において、ウエハ基板26の処理作業が行われる際は、まず、駆動機構34により蓋体16が最下位置に配置され、別設の搬送装置(図示せず)によりピン24上にウエハ基板26が載置される。次に、駆動機構34により蓋体26が上昇され、チャンバ12内が密閉状態とされるとともに、減圧用配管、ガス供給管等を介して、チャンバ内が所定の圧力およびガス雰囲気とされる。そして、照射窓18を通して赤外線ランプ28からの赤外線がチャンバ12内に照射され、ウエハ基板26のアニール処理が行われる。

アニール処理時において、光学ヘッド42から参照光がウエハ基板26の裏面に照射され、上述の態様で基板の従表面の温度が測定される。この測定結果は、調整系54に入力され、この調整系によって、ウエハ基板26の温度を所定温度とす

るように、加熱用赤外線ランプの電源56が制御される。この際、上述の如く、ウエハ基板26の放射率は未知であっても正確な温度測定を行うことができる。

第3図は、ウエハ基板の主表面の温度を直接測定するように改良した変更例を示す部分図である。第1図図示実施例においては、ウエハ基板に対して赤外線が全方位から照射されることから、基板26の主表面と従表面と温度が実質的に同一のものと仮定し、従表面からの測定温度に基づいて加熱ランプ28の強度の制御を行うものとしている。しかし、プロセスあるいは装置のタイプによっては、基板の主表面の温度を直接測定しなければならない場合もある。第3図図示実施例においては、第1図図示アニール装置と同じ原理のアニール装置としてあるが、このようにウエハ基板の主表面の温度を直接測定する方法は、むしろウエハ基板の主表面と従表面との加熱条件が著しく異なる、例えばサセブタタイプの加熱装置において重要となる。

4の側面および上面で反射されてピン上の基板26を全方位から加熱する。

また、筒状蓋体114は、シリンダ等からなる駆動機構（図示せず）に接続されて上下動可能とされている。即ち、筒状蓋体114が駆動機構により最下位置に置かれると、基板載置台116により蓋体114下側開口が閉塞され、チャンバ112内に気密空間が形成される。また、筒状蓋体114が駆動機構により最上位置に置かれると、チャンバ112が開放されてピン124上に基板26がロードおよびアンロード可能となる。

筒状蓋体の天板のほぼ中央部を貫通して直径数センチ程度の検査孔136が形成され、該孔は石英等から検査窓138によりシールされる。検査窓138の上方には、検査孔136を通してピン上のウエハ基板26の表側面に参照光、例えば赤外線を照射する光学ヘッド142が配置される。光学ヘッド142は、その放射光および反射光を検知可能で、2本の光ファイバにより温度測定装置本体（図示せず）に接続されている。後述の態

この変更実施例ランプアニール装置は、気密空間を形成するためのチャンバ112を含み、該チャンバには熱処理時に必要な雰囲気調整を適宜行い得るように、減圧用配管、ガス供給管（図示せず）が接続される。チャンバ112は、横断面がほぼ円形の筒状蓋体114と、この蓋体の下側開口を気密に閉鎖する円板状の基板載置台116とからなる。

筒状蓋体114は、側面および上面が鏡面状に形成される。基板載置台116には、中央に石英からなる照射窓118が配設される。照射窓118上には、複数例えば3本のピン124が配設され、これらのピンの上にウエハ基板26が主表面を上にして支持される。従って、基板26が支持された状態において、照射窓118と基板の裏面との間に十分な空間が形成される。チャンバの照射窓118の下方には、反射鏡132を備えた赤外線ランプ128が配置され、窓118を介してチャンバ112内に赤外線が照射される。チャンバ112内に照射された赤外線は、筒状蓋体11

様で算出される温度測定装置本体による測定結果は調整系（図示せず）に入力され、この調整系によって加熱用赤外線ランプ128に電力を供給する電源（図示せず）が制御される。

温度測定装置本体の構造および温度算出方法、並びに測定温度情報に基づく温度制御は態様は、前記第1図図示実施例と全く同一であるため、説明を省略する。

この第3図図示実施例においては、アニール処理時において、光学ヘッド142から参照光がウエハ基板26の主表面が存在する表側面に照射され、上述の態様で基板の主表面の温度が直接測定される。基板26の主表面は形成される薄膜の状態変化により放射率が大きく変化するが、本発明に係る装置にあっては、放射率の変化に拘らず正確な温度測定を行うことができる。サセブタタイプの加熱装置のように、基板の主表面と従表面との加熱条件が著しく異なる装置においては、ウエハ基板の主表面の温度を直接測定する方法が重要となる。

以上本発明の詳細は、添附の図面に示される望ましい実施例に従って説明されてきたが、これら実施例に対しては、本発明の範囲を逸脱することなく種々の変更、改良が可能となることは明白である。例えば、上記両実施例においては、ランプアニール装置について説明したが、本発明は半導体ウエハ基板を加熱処理する装置であればどのような装置にでも適用することができる。但し、加熱温度によって測定を行う赤外線波長を適宜選択する必要がある。また、光学ヘッドにて測定する箇所は、基板の一点のみではなく、基板表面の所望特定領域に亘って走査させるようにすれば、所望部分全体における表面温度分布を知ることが可能となる。

〔発明の効果〕

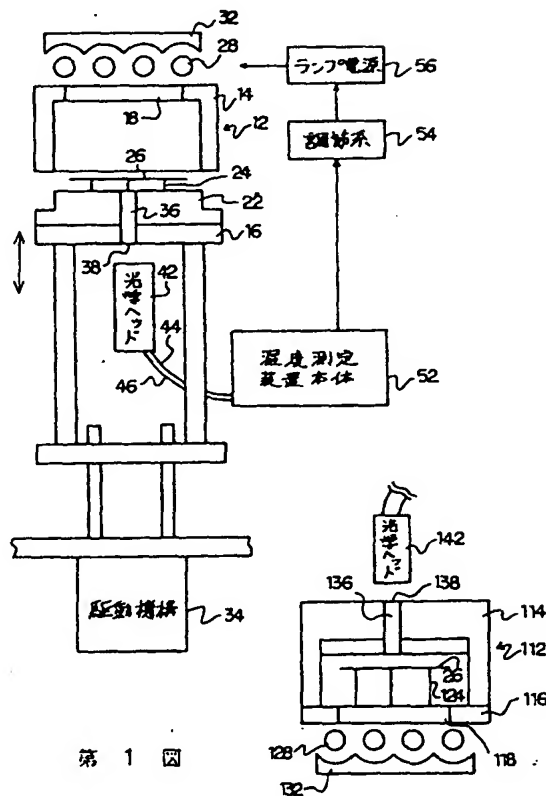
上述のように、本発明の半導体ウエハの温度測定方法および半導体製造装置では、従来に較べて半導体ウエハの正確な温度を検知することができ、所望の処理を確実に行うことができる。

4. 図面の簡単な説明

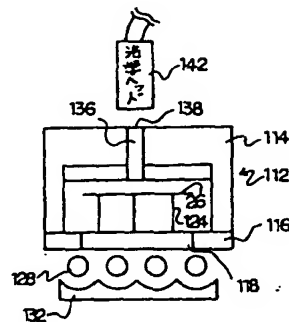
第1図は本発明方法の一実施例を説明するためのランプアニール装置の概略説明図、第2図は第1図の装置において用いられている温度測定機構の説明図、第3図は本発明方法の他の実施例のランプアニール装置を示す概略説明図である。

1 2 ……チャンバ、2 6 ……半導体ウエハ、2 8 ……赤外線ランプ、3 2 ……反射鏡、3 6 ……検査孔、4 2 ……光学ヘッド、4 4、4 6 ……光ファイバ、5 2 ……温度測定装置本体、5 4 ……調節系、5 6 ……ランプ電源。

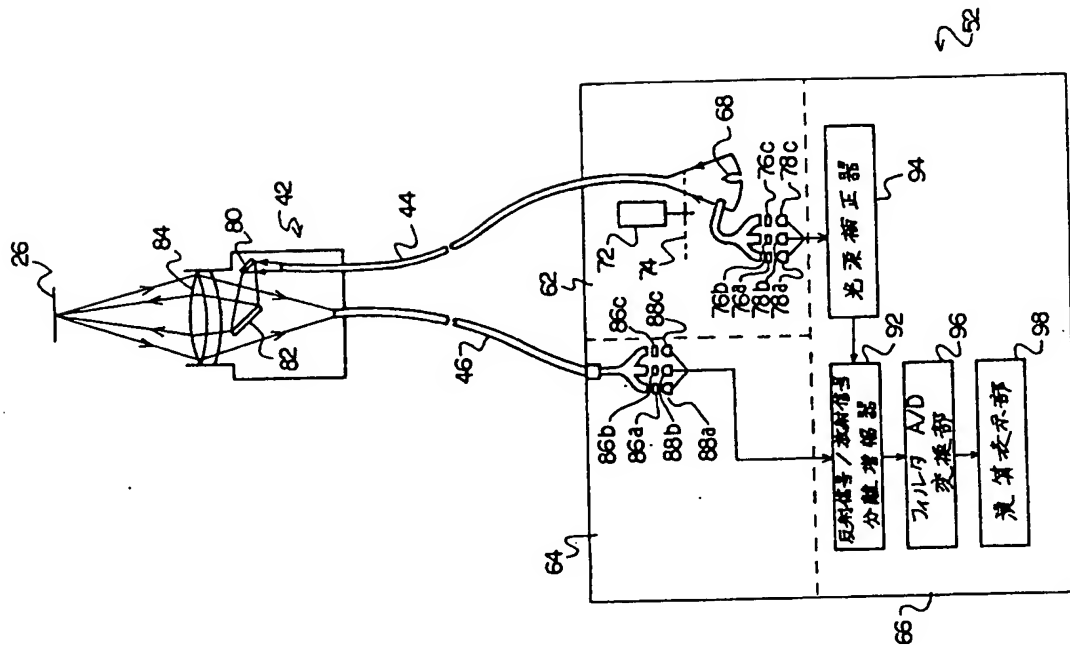
出願人 ミノルタカメラ株式会社
出願人 東京エレクトロン株式会社
代理人 弁理士 須山 佐一
(ほか1名)



第 1 図



第 3 図



第 2 図

第 1 頁の続き

⑦発 明 者 成 田 知 徳

東京都新宿区西新宿 1 丁目 26 番 2 号 東京エレクトロン株式会社内

⑧発 明 者 竹 淵 裕 樹

東京都新宿区西新宿 1 丁目 26 番 2 号 東京エレクトロン株式会社内